

А.В. Волошко, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0003-3337-****

В.П.Калінчик, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0003-4028-0185

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДО ВИЗНАЧЕННЯ УСЕРЕДНЕНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

В роботі розглядаються підходи до контролю усередненої електричної потужності. Проаналізовано існуючий підхід, який засновано на визначенні контрольованої потужності за фіксовані інтервали часу протягом проходження максимального навантаження енергетичної системи. Показано, що існуючі засоби, які визначають усереднену потужність на встановлених інтервалах часу, не завжди фіксують можливі перевищення визначеною величиною заданих значень. Запропоновано підхід для контролю усередненої потужності за методом рухомої середньої. Показано, що для фіксації всіх перевищень із заданою довірчою ймовірністю контроль потужності повинен здійснюватися з кроком дискретизації меншим та кратним інтервалу усереднення. Запропоновано практичну реалізацію розглянутого підходу. Наведено структурну схему пристрою контролю усередненої потужності за методом рухомої середньої. Наведено результати експериментальних випробовувань на вугільній шахті.

Ключові слова: потужність, інтервал осереднення, контроль, рухома середня.

Вступ. Існуючі підходи до контролю усередненої потужності засновані на визначенні суміщених навантажень на встановлених інтервалах часу T [1] протягом проходження максимуму навантаження. Суть контролю зводиться до наступного. Починаючи з деякого опорного моменту часу t_{on} (рис.1) визначається середня за час T потужність

$$P_T = \frac{1}{T} \int_{t_{on}}^{t_{on}+T} P(t) dt, \quad (1)$$

де T – час осереднення (як правило, 30 хвилин).

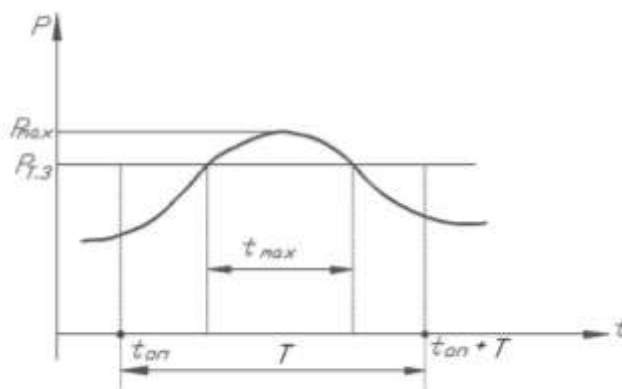


Рисунок 1 – До визначення усередненої за час T потужності

Далі цей процес повторюється через інтервали часу T , тобто від $t_{on} + T$ до $t_{on} + 2T$ і так далі аж до закінчення проходження максимуму навантаження енергосистеми. При цьому повинна виконуватися умова

$$P_i^T \leq P_3^T, \quad (2)$$

де i – номер інтервалу T (30-хвилинного періоду), починаючи з моменту часу t_{on} ; P_3^T – заявлена на час T середня потужність.

У разі невиконання умови (2) існуючі системи і пристрої зареєструють перевищення реальною величиною заявленої потужності.

Метою дослідження є підвищення об'єктивності та точності контролю усередненої електричної потужності.

Матеріал і результати досліджень. Оскільки усереднена потужність контролюється в фіксованих

інтервалах часу T , при існуючому контролі можливе перевищення заявленої потужності на час t_{max} (рис.1), який може бути оцінений на підставі обмеження (2). Сенс величини t_{max} – це той максимальний проміжок часу на контрольованому інтервалі, на якому можна перевищити P_3^T , щоб усереднена потужність, обчислена на цьому інтервалі, задовольняла умові (2).

Припустимо, що перевищення настало в якийсь момент часу $t_1 (t_{on}^i \leq t_1 \leq t_{on}^i + T)$ стрибкоподібно (рис.2). В цьому випадку оцінка t_{max} зводиться до оцінки t_1 . Згідно (1) і (2) запишемо

$$\int_{t_{on}^i}^{t_{on}^i + T} P(t) dt \leq T \cdot P_3^T, \quad (3)$$

або

$$\int_{t_{on}^i}^{t_{on}^i + t_1} P(t) dt + \int_{t_{on}^i + t_1}^{t_{on}^i + T} P(t) dt \leq T \cdot P_3^T. \quad (4)$$

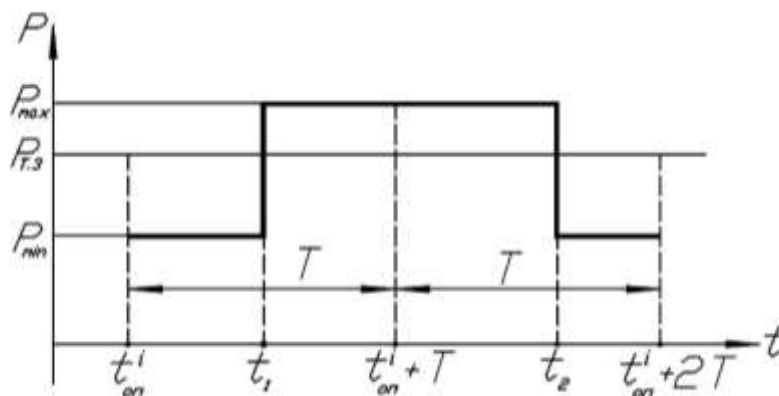


Рисунок 2 – До оцінки методики визначення усередненої за час T потужності

Вирішуючи вираз (4) отримаємо

$$P_{min} \cdot t_1 + P_{max} \cdot (T - t_1) \leq T \cdot P_3^T, \quad (5)$$

де P_{min} – мінімально необхідна потужність підприємства, обумовлена функціонуванням технологічного процесу; P_{max} – максимальна потужність, що перевищує заявлений максимум. Виражаючи P_{min} і P_{max} через P_3^T і коефіцієнти K_{min} і K_{max} отримаємо

$$\left. \begin{aligned} P_{min} &= K_{min} \cdot P_3^T \\ P_{max} &= K_{max} \cdot P_3^T \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Із (5) з урахуванням (6), отримаємо

$$t_1 \geq \frac{T(K_{max} - 1)}{K_{max} - K_{min}}. \quad (7)$$

Аналіз виразу (7) показує, що якщо при відомій потужності P_{min} величина потужності підприємства рівняється або менше P_{max} , то не буде зафіксовано перевищення P_3^T , якщо час проходження P_{max} менше $(T - t_1)$. В іншому випадку буде зафіксовано перевищення P_3^T на інтервалі $[t_{on}^i, t_{on}^i + T]$.

Покажемо, що за існуючого методу контролю можлива ситуація, коли перевищення заявленої потужністю не буде зафіксовано. Як показано на рис.2, усереднена за час T потужність перевищує заявлену на інтервалі $[t_1, t_2]$, проте існуючі системи контролю цього не зафіксують, оскільки контролюється потужність на інтервалах $[t_{on}^i, t_{on}^i + T, t_{on}^i + 2T]$. Для виключення подібних ситуацій

усереднену за час T потужність необхідно контролювати не у фіксованих інтервалах, а за методом рухомої середньої, з кроком дискретизації $\bar{\Delta}$ меншим та кратним інтервалу часу (t_{on}^i, t_1) [2,3].

Принцип контролю електричної потужності за методом рухомої середньої показаний на рис.3. Аналітично значення електричної потужності за вищевказаним методом визначається з виразу

$$P_{n\bar{\Delta}}(i\bar{\Delta}) = \frac{1}{n\bar{\Delta}} \int_{(i-n)\bar{\Delta}}^{i\bar{\Delta}} P(\tau) d\tau. \quad (8)$$

Очевидно, що для фіксації всіх перевищень з довірчою ймовірністю $(1-\delta)$ контроль потужності повинен здійснюватися з кроком дискретизації, визначення якого розглянуто в роботі [4].

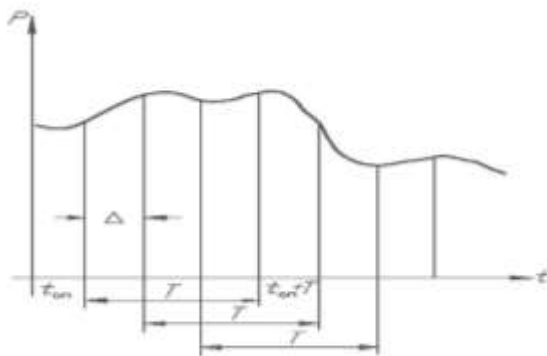


Рисунок 3 – Принцип контролю усередненої потужності за методом рухомої середньої

Для реалізації вказаного підходу контролю усередненої потужності розроблено відповідний пристрій [2], структурна схема якого представлена на рис. 4. До складу пристрою входять блок прийому інформації БПІ, реверсний суматор-лічильник ЛЧ, зсувний регістр РГ, обчислювальний пристрій ОП, блоки регістрів контрольованих параметрів БРГ1 і БРГ2, блок завдання БЗ, блок порівняння БП та блок індикації та реєстрації БІР.

Сигнал з БПІ, який представляє собою пристрій прийому і формування даних, що надходять від лічильників електроенергії, а також виробляє ознаки, які характеризують сигнал як «власні» і «сторонні» потреби, надходить на вхід ЛЧ, що має r двійкових розрядів. Сигнали з ознакою «власні» потреби підсумовуються, а сигнали з ознакою «сторонні» потреби віднімаються. Через інтервал часу Δt інформація переписується в перші r розрядів РГ, а вміст ЛЧ скидається і в нього починає заноситися нова інформація.

Через чергові Δt регістр РГ виконує зсув записаної інформації на r розрядів вправо, а звільнені розряди РГ заповнюються за наступний час Δt суматором-лічильником ЛЧ.

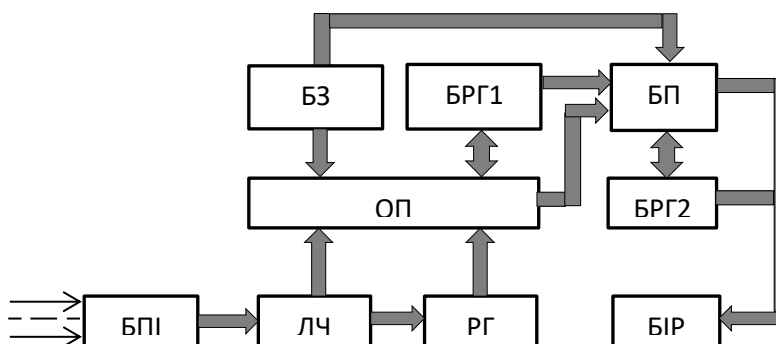


Рисунок 4 – Структурна схема пристрою безперервного контролю електричного навантаження.

Розрядність регістру РГ розраховується на зберігання в ньому інформації, яка може надходити від лічильників електроенергії за час $T - \Delta t$. Таким чином, регістр РГ містить $T/\Delta t - 1 = n - 1$ груп по r розрядів. У момент часу, коли r -розрядні групи РГ задіяні, відбувається скидання всіх $n - 1$ груп регістру і підсумовування накопиченої за період $T - \Delta t$ інформації в обчислювальному пристрої ОП.

Інформація, що надходить, заноситься в ЛЧ і в ОП, де вона підсумовується з раніше накопиченою за період $T - \Delta t$ інформацією. Результат підсумовування заноситься в БП, де безперервно в міру надходження інформації порівнюється із заданою величиною, що зберігається в БЗ, і як тільки ці величини починають дорівнювати одна одній, блок порівняння БП видає сигнал в БІР для фіксації отриманого результату. Через чергові Δt відбувається зсув інформації, а інформація, що зберігається в останніх r розрядах, стирається. Таким чином, відбувається послідовний зсув інформації з кроком Δt , що відбиває перебіг процесу електроспоживання за період T і безперервне порівняння із заданою величиною.

Осереднене за час T значення електричного навантаження через кожен проміжок часу Δt надходить в БРГ2 і далі в БІР. Крім того, знову обчислене значення в БП порівнюється із раніше обчисленим найбільшим значенням, що зберігалось в БРГ2. За результатами порівняння в БРГ2 заноситься більше значення.

Розроблений пристрій випробувано на вугільних шахтах західного регіону України. На рис.5 наведено графік електричного навантаження промислової підстанції в період з 18 год. 30 хв. до 21 год. із заявленою суміщеною потужністю 2500 кВт. Існуючі пристрої зареєстрували найбільшу півгодинну потужність 2400 кВт (що менше заявленої потужності) в період з 19 год. 30 хв. до 20 год. Запропонований пристрій, що визначає потужність за методом рухомої середньої ($\Delta t = 10$ хвилин), зареєстрував найбільше значення – 2566,7кВт (що перевищує заявлену потужність) в період з 19 год. 20 хв. до 19 год. 50 хв.

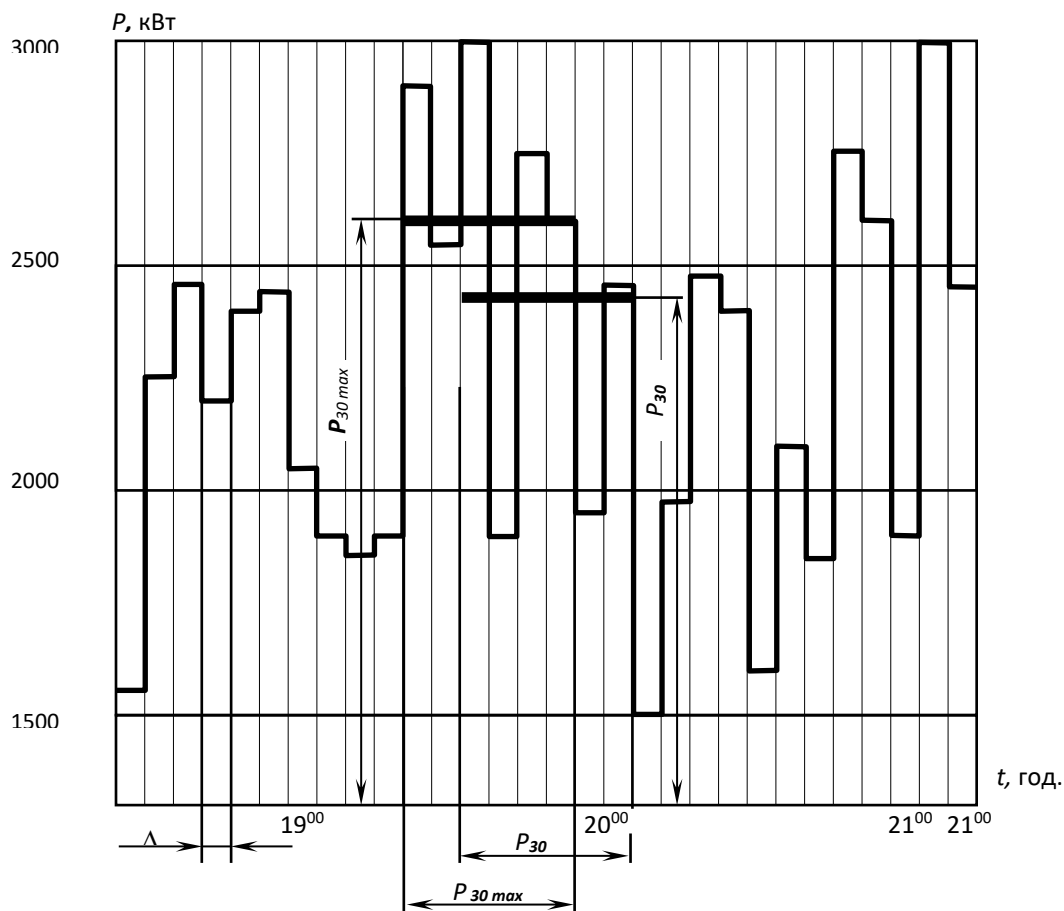


Рисунок 1 – Графік навантаження промислової підстанції

Висновок. У роботі показано, що контроль усередненої потужності на встановлених інтервалах часу не завжди дозволяє зафіксувати перевищення контрольованою величиною заданих значень. Для підвищення об'єктивності і точності контролю обґрунтовано застосування методу рухомої середньої для контролю усередненої електричної потужності із раніше визначеним кроком дискретизації.

Список використаної літератури.

1. Правила користування електричною енергією. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energy.mk.ua/index>.

2. А.с. 767656 СССР, МКІ³ G 01 R 11/56/ Автоматическое устройство для контроля совмещенной электрической нагрузки предприятия / А.В. Праховник., В.П. Калинин, С.В. Загородный, В.П. Розен (СССР). – 2647173/18-21; заявл. 24.07.78; опубл. 30.09.80. – Бюл. № 36.

3. Калинин В.П. К определению осредненной электрической мощности/ Калинин В.П., Петров А.А., Калинин В.В. – Киев, 2010. – 7 с. – Деп. в ГНТБ Украины 01.11.10, № 127-Ук – 2010.

4. Калинин В.П. Выбор оптимального шага дискретизации для контроля и управления электропотреблением / Калинин В.П., Петров А.А., Волошко А.В. // «Проблемы эффективного использования энергоресурсов в промышленности». – Миасс. – 1985. – С. 162-163.

A.Voloshko, Dr. Sc. Sciences, prof., ORCID 0000-0003-3337-****

V.Kalinchyk, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0003-4028-0185

**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ON THE DEFINITION OF ELECTRIC POWER AVERAGING**

The paper examines the approaches to the control of average electric power. It is shown that the existing tools that determine the average power at set time intervals, not always fix possible excess of a certain value setpoints. Proposed practical implementation of this approach. It is shown that to monitor all exceedances with a given confidence probability, power control should be performed with a sampling rate smaller and multiple averaging interval. The practical implementation of the approach is proposed. A block diagram of the device for monitoring the averaged power by the moving average method is given. The device includes an information receiving unit, a reverse binary counter, a shift register, a computing device, registers of controlled parameters, a task unit, a comparison unit and an indicating and recording unit. The signal from the information receiving unit is fed to the input of the reverse counter. Signals with the sign "own" needs are summed up, and signals with the sign "third-party" needs are subtracted. After a certain step of sampling, the information is shifted, and the information stored in the last rows is erased. Thus, there is a sequential shift of information with a sampling step that reflects the progress of the power consumption process over the monitoring interval. Results of experimental tests at a coal mine are given.

Keywords: power averaging interval control, the moving average.

References

1. Rules electricity. [Electronic resource] - Access: <http://www.energy.mk.ua/index>.
2. A.S. № 767656 USSR, МКІ³ G 01 R 11/56 / Automatic device for monitoring the electrical load of the combined enterprise / A.V. Prakhovnik, V.P. Kalinchik, S.V. Zagorodny, V.P. Rozen (USSR). - 2647173 / 18-21; appl. 24.07.78; publ. 30.09.80. - Bull. Number 36.
3. Kalinchik V.P. By definition the averaged electric power / V.P. Kalinchik, A.A. Petrov, V.V. Kalinchik - Kiev, 2010. - 7 St.- Dep. GNTB in Ukraine 01.11.10, № 127-Uk - 2010.
4. Kalinchik V.P. Selection of the optimal sampling step to monitor and control power consumption / V.P. Kalinchik, A.A. Petrov, A.V. Voloshko // "Problems of efficient use of energy in industry" .- Miass. – 1985 – S.162-163.

УДК 621.311.153: 62 – 52

АВ. Волошко, д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0003-3337-****

В.П. Калинин, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0003-4028-0185

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСРЕДНЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

В работе рассматриваются подходы к контролю осредненной электрической мощности. Проанализирован существующий подход, который основан на определении контролируемой мощности за фиксированные интервалы времени, в течение времени прохождения максимальной нагрузки энергосистемы. Показано, что существующие средства, которые определяют усредненную мощность на установленных интервалах времени, не всегда фиксируют возможные превышения определенной величиной заданных значений. Предложен подход для контроля осредненной мощности по методу движущейся средней. Показано, что для фиксации всех превышений с заданной доверительной вероятностью контроль мощности должен осуществляться с шагом дискретизации меньшим и кратным интервалу осреднения. Предложена практическая реализация рассматриваемого подхода. Приведена структурная схема устройства контроля осредненной мощности по методу движущейся средней. Приведены результаты экспериментальных испытаний на угольной шахте.

Ключевые слова: мощность, интервал осреднения, контроль, подвижная средняя.

Надійшла 31.01.2017

Received 31.01.2017